

〔臨床〕 松本歯学 12 : 103~112, 1986

key words : サブトラクション — 唾液腺 — 造影撮影

サブトラクションによる唾液腺造影像の観察

長内 剛, 加藤倉三

松本歯科大学 歯科放射線学教室 (主任 加藤倉三 教授)

児玉健三, 柴田常克

松本歯科大学病院 歯科放射線科 (主任 加藤倉三 教授)

鹿毛俊孝, 矢ヶ崎 崇, 山田哲男, 五味 章

松本歯科大学 口腔外科学教室第1講座 (主任 千野武広 教授)

A Study of Sialograms using Photographic Subtraction

KATASHI OSANAI and KURAZO KATO

Department of Dental Radiology, Matsumoto Dental College
(Chief : Prof. K. Kato)

KENZO KODAMA and TSUNEKATSU SHIBATA

Laboratory of Dental Radiology, Matsumoto Dental College Hospital
(Chief : Prof. K. Kato)

TOSHITAKA KAGE, TAKASHI YAGASAKI, TETSUO YAMADA and AKIRA GOMI

Department of Oral and Maxillofacial Surgery I
(Chief : Prof. T. Chino)

Summary

In radiographic diagnosis of salivary gland disease, superimposition of bone and contrast materials often poses problems for investigators.

We attempted photographic subtraction on sialograms, and attained the following results.

1. As a fundamental experiment, we measured the density of original Aluminum step X-ray films, masking films, and printing films at several exposures to determine optimum

exposure time.

2. By subtracting superimpositions, sialograms were interpreted more clearly on subtraction films than on original X-ray films.

The best subtracting effect was obtained in P-A projection of parotis. The second one was found in mandibular oblique projection and in pantomograms of the mandibular glands.

Subtracted pantomograms and the mandibular oblique projection of parotis were somewhat difficult to interpret.

3. In this study, we succeeded in obtaining exact fixings of the head and mandible similar to roentgenometry in fundamental experiments. But in clinical cases, involuntary movements of the hyoid bone and its surrounding soft tissues often caused unwanted shadows on the subtracted films. We hope to solve these problems at a later date.

結 言

サブトラクションとは本来「引き算」「消去」の意味であるが、写真技術の上では或る一部分を除いて全く同じ2枚の写真を用い、両者の共通部分を消す事によって異なった部分のみを残すという方法で、X線診断の為に主に造影撮影に用いられる。

その術式として次の4段階の作業を行う。

- ① 最初に被写体の単純撮影を行う。
- ② 続いて同体位同投影のままで造影撮影を行う。
- ③ ①を密着焼付して反転像をつくる（マスキングという）。
- ④ ②と③を重ね合わせ、今一度焼付ける（プリンティングという）と、単純撮影部分は消去され、造影像だけが残る。

我々は最近唾液腺造影において硬組織像と重複する腺管細枝の読影を容易ならしめたいと考え、この技法の応用を試みた。その結果サブトラクション時の露光処理条件を知ると共に、読影に適した唾影像を得、2～3の知見を得たのでここに報告する。

方法および器材

I. 基礎的実験

1. 関心部位単純X線像の黒化度測定

最初にサブトラクションの対象になると予想される単純X線写真の関心部位の黒化度を、当院放射線科撮影例の中から成人5例を無作為に抽出して測定した。

撮影法と対象部位は下記の通りである（図1参

照）。

a. 頭部P-A法（耳下腺）

- ① 下顎枝海綿骨
- ② 下顎枝緻密骨
- ③ 外側軟組織
- ④ 内側軟組織
- ⑤ 組織外部

b. 下顎斜位（耳下腺・顎下腺）

- ① 顎角部海綿骨
- ② 顎角部緻密骨
- ③ 舌骨体
- ④ 咽腔部軟組織
- ⑤ 咽頭後壁軟組織
- ⑥ 顎下部軟組織
- ⑦ 組織外部

c. 回転断層（耳下腺・顎下腺）

- ① 顎角部海綿骨
- ② 顎角部緻密骨
- ③ 下顎枝後縁
- ④ 咽腔部軟組織
- ⑤ 咽頭後壁軟組織
- ⑥ 顎下部軟組織

2. アルミ階段X線像による消去条件の検討

a. アルミニウム階段（器材の項に詳述）を60 kVp, 10 mA, 0.3 sec, FFD 100 cmで撮影し、各段の黒化度を測定した。

b. その写真から露光量を変えた数種のマスク像を作製して黒化度を測定した。

c. アルミ階段X線像とそのマスク像を重ねて自家消去のプリント像を作り、前項で得られた黒化度帯域が均一に消去される露光条件を探索した。

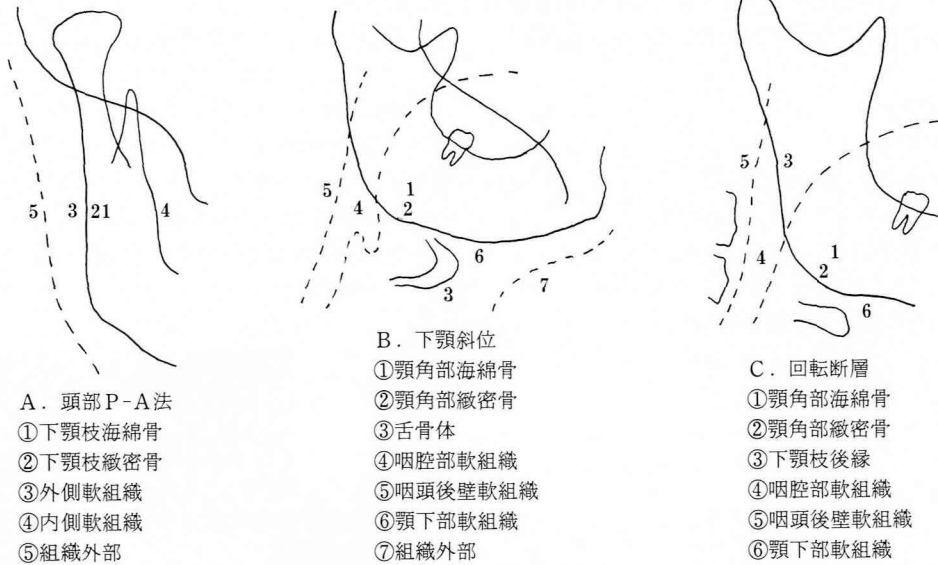


図1：単純撮影の黒化度測定部位



図2 a：サブトラクションフィルムセット

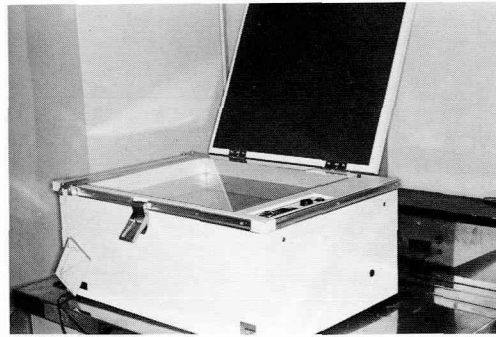


図2 b：D/Sユニット

3. 臨床的予備実験

前項で得られた露光条件に基づき、ウログラフィン入りビニールカテーテルを唾影像のモデルとし、頭部ファントムと重ねて日常の単純撮影の条件で撮影、サブトラクションを行って両者を比較検討した。

II. 臨床応用

唾液腺に異常がないと思われる成人を被験者として耳下腺・顎下腺各5例に造影撮影・サブトラクションを行った。

成績判定には共同研究者全員が個別にフィルムを観察し、消去が均一に行われているか、唾影像とマスク像の重ね合わせの良否、硬組織像の低黒

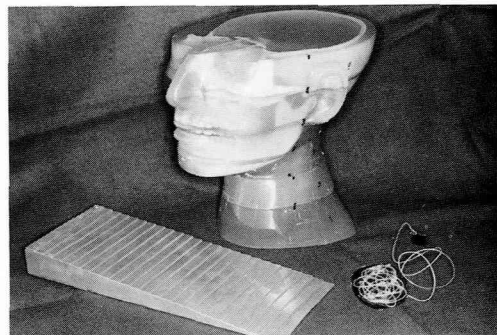


図2 c：アルミニウム階段、頭部ファントム、ウログラフィン入りビニールカテーテル

化度及び高黒化度や軟組織で何れの露光条件の場合が腺管細枝の読影に最も適しているかを判定した。

III. 研究器材

1. 撮影装置

a. 頭部 P-A 法（耳下腺）

……セクトグラフ（Quint.米）

b. 下顎斜位（耳下腺・顎下腺）

……ID-150L 直接撮影装置（島津）

c. 回転断層（耳下腺・顎下腺）

……パノラマックス（朝日）

2. フィルム系

a. 頭部 P-A 法及び下顎斜位

……フジ Rx, 増感紙 Kyokko LT-II

b. 回転断層

……フジ Rx, 増感紙 Kyokko PT-II

c. サブトラクション用フィルム

……Subtraction film set (Dupont)

3. 光源

D/S ユニット（共立電機）

20 W 白熱灯 2 個, 公称 50 Lux.

露光量カウンタージ 5 = 1 秒露光

4. 予備実験被写体

a. アルミニウム階段

各段階 10 cm, 歩み 10 mm で, 最小厚 1 mm より最大厚 25 mm まで 1 段 1 mm の純アルミニウム製階段

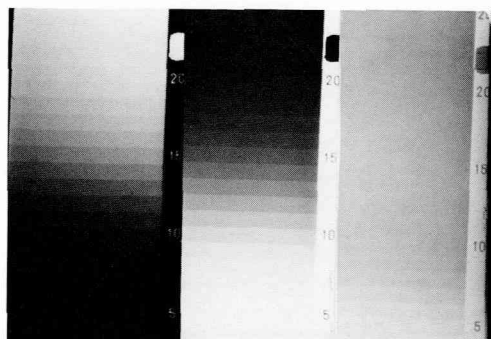


図 4 a : アルミ階段 X 線像の消去 (例)

(左) オリジナル X 線像, (中) マスク像,
(右) プリント像

表 1 : 対象部位単純撮影の黒化度

	測定部位全体	軟組織部	硬組織部
頭部 P-A 法	0.8~3.0	0.9~3.0	0.8~2.2
下顎斜位	0.8~3.0	0.8~3.0	0.8~2.5
回転断層	0.6~2.6	0.6~2.6	0.6~1.6

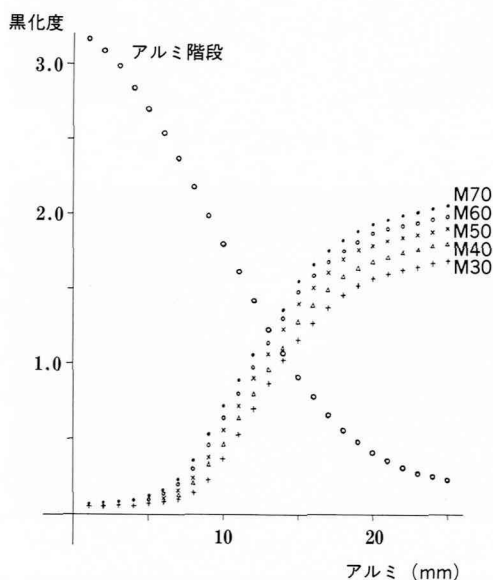


図 3 : アルミ階段 X 線像とそのマスク像の黒化度
M30……70 はマスク露光値

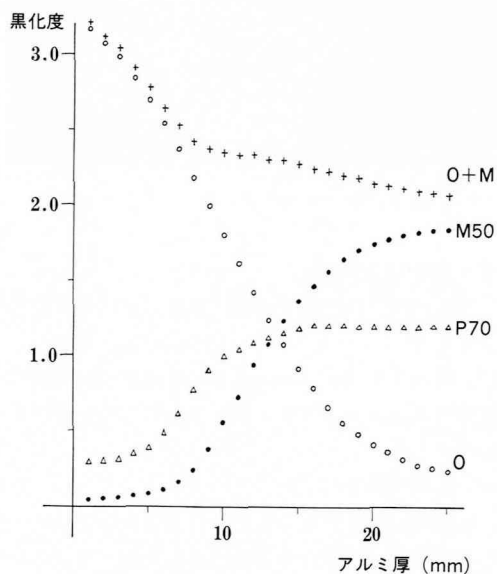


図 4 b : アルミ階段 X 線像の消去 (例)

O : オリジナルフィルム, M50 : マスク
露光値 50, P : プリント露光値 70, O +
M : O と M50 の和

b. 頭部ファントム SA-1 A (京都科学)

天然骨と軟組織等価軟性樹脂からなり、下顎から頭頂までを3 cm厚水平断(全7段)にした治療用頭部ファントム。

c. 唾液腺造影画像モデル

内径0.41 mmのビニールカテーテルに76%ウログラフィンを填入したもの。

5. 自動現像器

VX-400(サクラ), 処理条件34℃, 90秒処理。

6. 計測系

PDA-850黒化度計(サクラ)

PDS-65黒化度計(サクラ)

結 果

I. 基礎的実験

1. 関心部位単純撮影像の黒化度

消去の対象になると予想される部位の単純撮影の黒化度は、表1にみる如く0.6~3.0と広い範囲にわたっているが、特に問題になると思われる硬組織にかざると、頭部P-A法では0.8~2.2, 下顎斜位では0.8~2.5, 回転断層では0.6~1.6で、硬組織部全体では0.6~2.5であった。

2. アルミ階段X線像の消去

アルミ階段X線は60 kVp, 10 mA, 0.6 sec, FFD 100 cmで撮影されたもので、黒化度は3.17(1 mm厚)から0.23(25 mm厚)にわたっており、問題とすべき黒化度帯域はこの中に含まれている。

これをD/Sユニットのメーカー表示にしたがい、露光値30(6秒)~70(14秒)(以下露光秒数

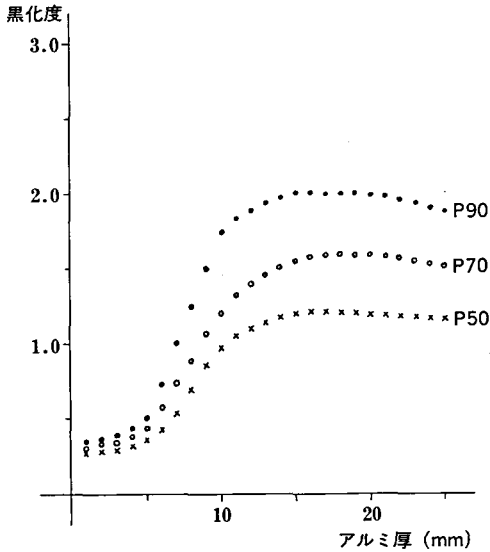


図5: アルミ階段X線像の消去結果
マスク露光値30の場合
Pはプリント露光値を示す。

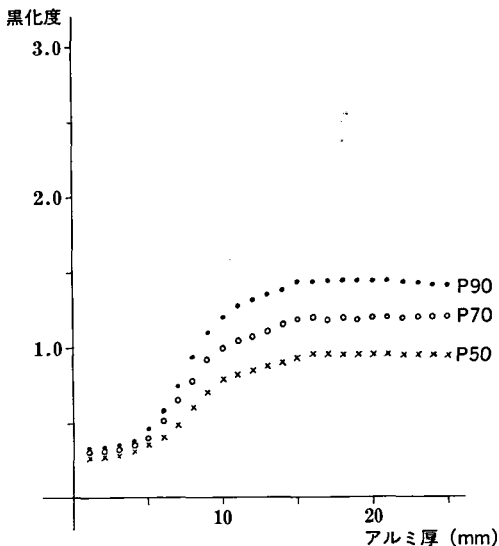


図5: アルミ階段X線像の消去結果
マスク露光値50の場合
Pはプリント露光値を示す。

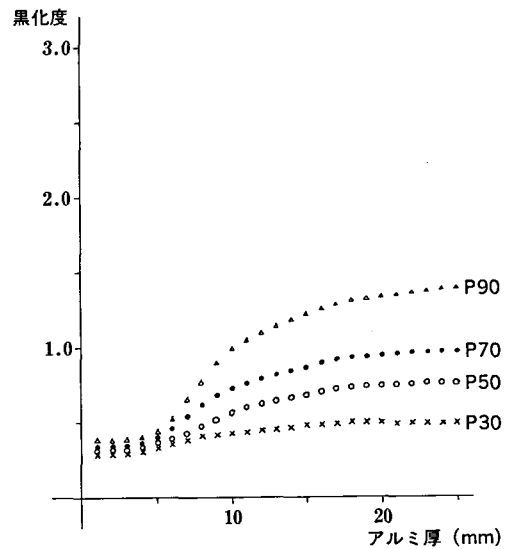
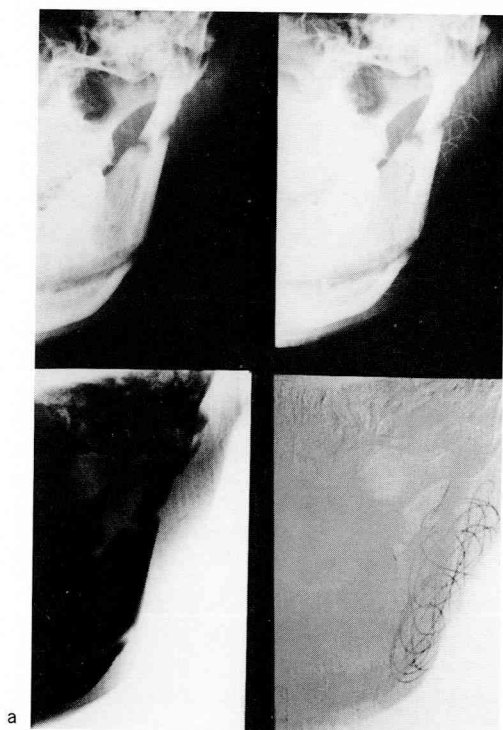
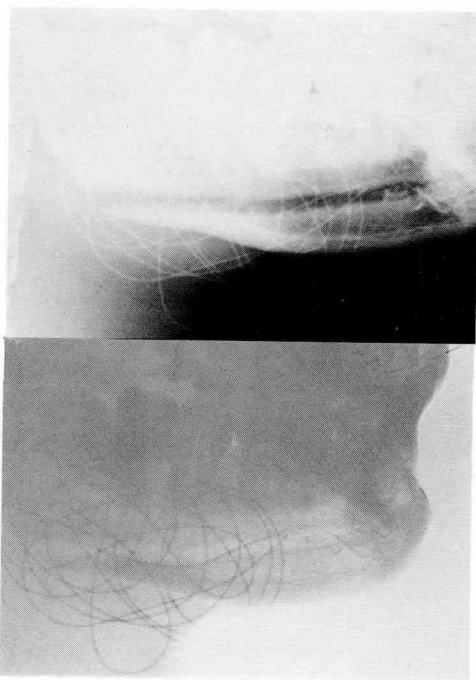


図5: アルミ階段X線像の消去結果
マスク露光値70の場合
pはプリント露光値を示す。



a



b

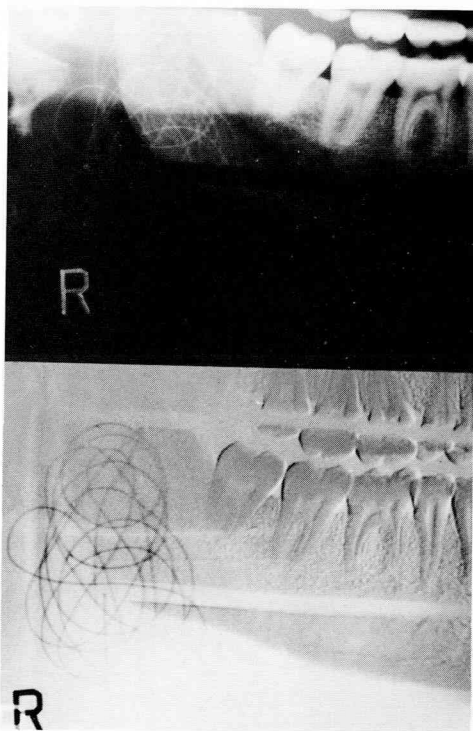
を略す)で5通りのマスキングしたものは図3の右上よりプロットに示した通りである。

続いて5通りのマスク条件につき各3~4通りの露光条件でプリントを行った。図4はアルミ階段像、マスク像、プリント像の1例、および同例の黒化度をプリントしたものである。

更に図5はその消去の結果の概要を示したもので、このグラフから比較的均一な濃度に消去されているマスク露光値70、プリント露光値30~50が適正な露光条件であろうと判断された。

表2：臨床例における最適露光（露光値5=1秒）

	オリジナルフィルム	マスキング	プリンティング
耳下腺	頭部 P-A 法	40~60	40~50
	下顎斜位	40~50	40~50
	回転断層	(40~50)?	(40~50)?
顎下腺	下顎斜位	30~50	40~60
	回転断層	30~50	50~60



c

図6：頭部ファントムとウログラフingkateerテルのサブトラクション例

- a. 耳下腺を想定した頭部P-A法
- b. 顎下腺を想定した下顎斜位
- c. 耳下腺—顎下腺を想定した回転断層

3. ファントームとウログラフィンカテーテルのサブトラクション

アルミ階段 X 線像の自家消去実験で得た露光条件を基に、頭部ファントームとウログラフィンカテーテルからなる唾影像モデルの単純撮影、造

影撮影、マスキング、プリンティングを行った。

図 6 の a は耳下腺を想定した頭部 P-A 法の 1 例で、左上が単純撮影、右上が造影撮影、左下が単純撮影のマスキ像、右下はプリントされたサブトラクション像である、同図 b は顎下腺を想定し

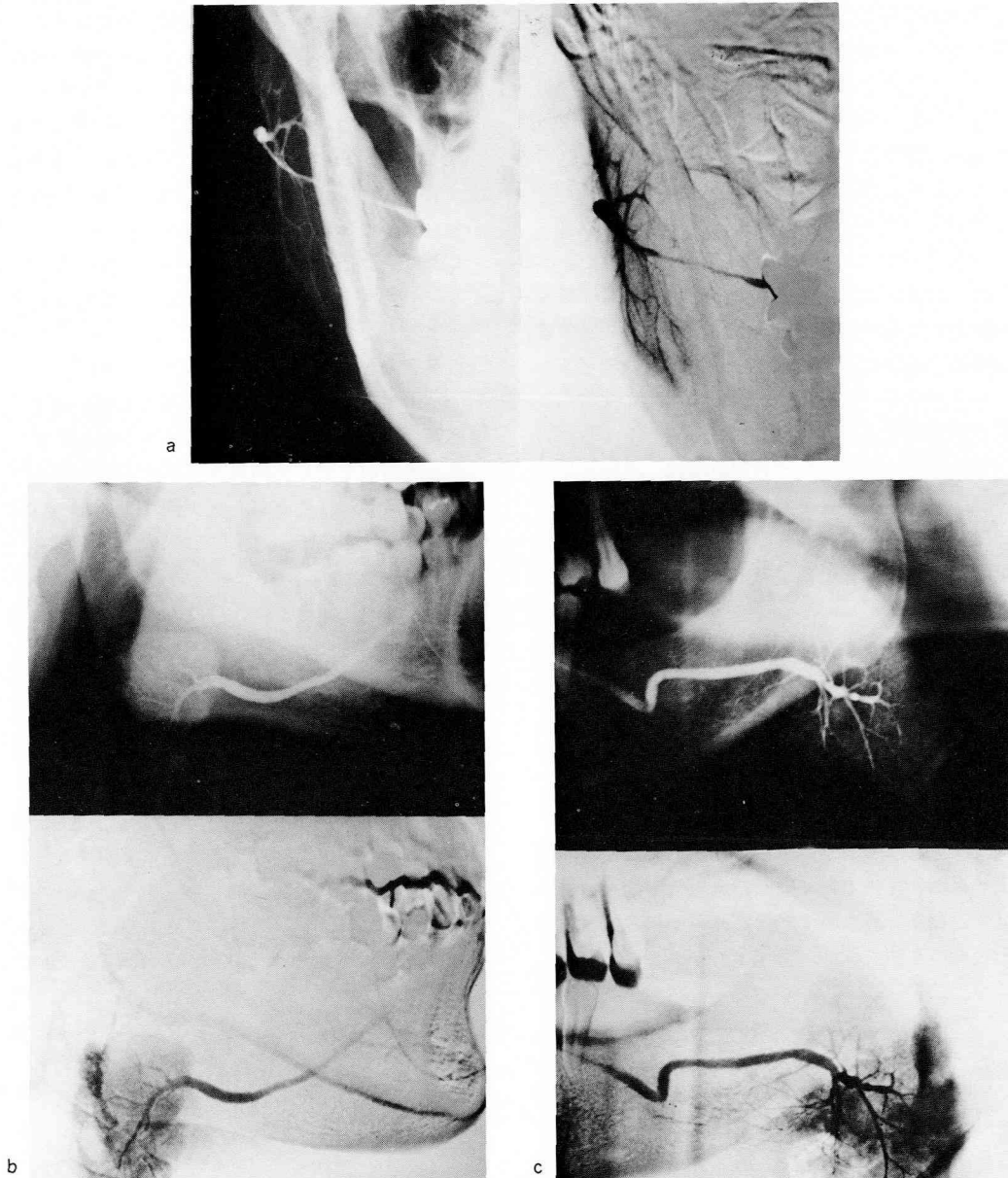


図 7：臨床例の造影 X 線像及びサブトラクション像

- a. 耳下腺・頭部 P-A 法
- b. 顎下腺・下顎斜位
- c. 顎下腺・回転断層

た下顎斜位、Cは顎下腺を想定した回転断層の各造影像及びサブトラクション像である。

各露光条件毎の画像を共同研究者全員で観察し、前項検索の結果がほぼ適正であるとの結論に達した。

II. 臨床応用の結果

臨床例に関しても、マスク露光値30～70の5段階、プリント露光値30, 50, 70, 90等の組合わせでサブトラクションを行い、共同研究者全員で観察し、唾液像細枝の描出が良好と判断されるプリント像を選び出した。

その結果は表2に示すごとく、基礎的実験において得られた適正露光条件とは少し異なる露光値で最も良好なサブトラクション像が得られた。

図7は良好な成績を得たものの例で、耳下腺を対象とした頭部P-A法では、下顎後縁部の唾影像が特に上半部で読影されたほか、軟組織部でもオリジナルX線像では黒化度が強すぎて読影不可能な腺管細枝が描出された(a)。

顎下腺を対象とした下顎斜位では、下顎角部硬組織との重複像は良く消去され、顎下軟組織部の唾影像も読影容易であったが、舌骨及びその周辺軟組織の不随意運動による消去の不十分がみられた(b)。

顎下腺を対象とした回転断層は、腺体自体は硬組織・軟組織部の何れでもよく描出され、オリジナルフィルムより読影しやすいと判断はされたが、下顎斜位同様舌骨と咽頭軟組織部の不消去が現れた上、腺体がフィルムの末端に描出される為、いささか不満が残った(c)。

耳下腺を対象とした下顎斜位及び同回転断層では、鼻咽腔後壁と頸椎前面の低黒化度部が消去不十分となり、消去の十分な露光値の場合は唾影像そのものも消去され、成績はやや不良であった。

考 察

I. サブトラクション法の歴史的背景

サブトラクションの技術が最初に実用に供されたのは天文学の分野で、天球の同一部位を異なる時刻に2回写真撮影し、その一方を反転して他方と重ねる事により、天体の光度変化や運動を写真上に把握したといわれる。

X線写真における応用は1935年に発表されたが、当時は技術的に問題が多くて普及せず、こ

20年来フィルム特性の開発、自動現像法の発達、連続撮影装置の進歩によって漸く臨床応用面が開けて来た。

我が国では1967年若林ら¹⁾、続いて高橋ら²⁾が頭頸部血管造影に応用して以来主として血管造影に用いられ、今日ではサブトラクションといえ殆ど直ちに血管造影をさす如く理解されている。

この技術の沿革は主に写真フィルムの濃度処理によって行われて来たものであるが、近年CTの出現を契機にコンピューターによる画像処理の進歩が著しく、1981年Chilcote³⁾がDigital subtraction angiographyを発表して以来DSAの略称で画像診断の分野に定着している^{4,5,6,7)}。

これはX線TVのI.I.(イメージインテシファイア)蛍光面に現われた単純X線像をTVカメラを検出器として記憶装置に入力し、続いて入力される造影像との間で演算によって共通部分を消去し、造影像のみをフィルム上に得るものである。

高価な装置を要するものではあるが記憶された画像を適時取り出して演算する事は、後述する様なフィルムの特性による制約が少なく、その処理は極めて迅速である。

DSAが行われる様になってから従来の方法は写真法Photographic subtractionとよばれる様になった。

写真法は単純・造影の両オリジナルX線写真の他にマスキング・プリンティングの2回の処理とフィルムを完全に重ね合わせる手仕事に時間を費すが、全面均一光度で時間調整の正確な光源と、適当な特性をもつフィルムがあれば、比較的安価に処理出来るという利点をもつ。しかしフィルムの特性曲線から来る制約は、サブトラクション可能な黒化度領域を著しく制約するものである。

今一つColor subtractionという三原色光加色法の原理を応用した術式も開発されているが、1例の処理に数10分ないし数時間を要する等未だ技術的に十分開発されていない。

II. 口腔領域における現況

顎口腔領域を対象としたサブトラクションの報告は、我が国では1981年武内ら⁸⁾が頭部X線規格写真に応用したのが最初で、次いで岡野ら^{9,10)}は歯周症の診断に用い、加藤¹¹⁾はデンタルフィルムのサブトラクションから骨ミネラル量の測定を試みている。

更に桜井ら¹²⁾の顎関節規格撮影への応用、金子ら¹³⁾の唾液腺シンチグラフィへの応用の外、阿部ら¹⁴⁾、山崎ら¹⁵⁾は口腔外科疾患を対象としたIVDSA(経静脈注入によるDSA)を試みてその有用性を述べている。

しかし、唾液腺造影像に対する写真法の応用は、桜井ら¹⁶⁾がその有用性を主張したのみにとどまっている。

III. 本研究に用いた投影法の規格性

A. 頭部 P-A 法(耳下腺)

Sectograph(頭部規格断層撮影装置)による耳下腺造影の正面像に関しては、耳桿とライトビームによる固定を行うので再現性は良好であるが、OMラインの設定の仕方に撮影技術者の個人差が出ない様留意する必要がある。また、主X線をOM線に平行にとるP-A法そのものよりは、更に俯角を少し増して乳様突起を上方へ避け、下顎枝の主X線方向骨量を少なくする様工夫が必要である。

B. 下顎斜位(耳下腺・顎下腺)

下顎斜位に関しては、アクリル樹脂板製の薄函型カセットホルダーを試作し、この上に唾液腺管にカテーテルを挿入した状態で被験者の頭部をのせ、単純撮影直後に造影担当者が造影剤を注入する間に撮影担当者がカセットを交換する方法をとった結果、両撮影間に被験者の動揺が殆んどなく操作し得た。

しかし、頭部を固定する事は出来ても舌骨と咽頭部軟組織の不随意運動は制御しがたいので、この点に問題が残る。

C. 回転断層(耳下腺・顎下腺)

回転断層撮影は、前頭部・側頭部(～外耳孔)・オトガイ等の数ヵ所で頭部を固定し断層軌道にのせる故、或る程度の規格性を期待し得ると考えて研究の対象とした。

本法の通性である前歯部の描出力の欠陥は唾液腺を対象とする場合は問題がなく、大臼歯部～顎角部においては硬組織の描出には概ね規格性をもっている。下顎斜位と同様舌骨とその周辺の軟組織の不随意運動の問題を解決すれば、顎下腺造影のサブトラクションが有用と考えられる。

また、耳下腺に関しては、ファントムとウログラフィンカテーテルによる臨床的予備実験では良好なサブトラクション像が得られたが、臨床例

では咽頭後壁の不随意運動と頸椎の描出位置に問題が残った。また、今後は被曝の軽減も考え、1側のみの耳下腺を正確に描出する様な撮影術式の検討が必要である。

IV. 基礎的実験と臨床例の成績について

オリジナルX線像とそのマスク像を重ねて自家消去した場合、プリント像は全体が均一な黒化度になるのが理想である。アルミ厚についていえば6mm～17mm部分のプリント像はプロットが水平に並ぶ事がのぞましいが、実験結果はアルミ厚12～13mm以下でS字状に勾配が生じ、最も水平に近づいたのはマスク露光値70、プリント露光値30～50であった。

しかし、一方、単純撮影とわずかの黒化度差しかもたない造影像が強いコントラストで残される為には、マスク像と造影像の黒化度の和がわずかに変った丈でもプリント像に強いコントラストが生じる事が必要で、したがってアルミ階段消去像には或る程度の黒化度勾配も必要と考えられる。

臨床例においてマスク露光値70、プリント露光値30では硬組織の消去は良好であるが唾影像のコントラストは不良で、読影に最適と判断されたのが各投影法を通じマスク露光値40～60、プリント露光値40～60の範囲となり、基礎的実験と差が出たことは上記の事に関連するものかも知れない。

一方、D/Sユニットのメーカー表示によれば、マスク露光値30～70(6秒～14秒)、プリント露光値はマスク時の3～5倍が最適とされており、我々もこの指定にしたがって実験を開始したが、その結果は既述の如くプリント露光値が甚しくちがっていた。

サブトラクションがこれまで血管造影を主目標として行われて来たので、これを想定した表示かも知れず、頭蓋腔・腹腔と顎骨周辺組織のX線吸収の差、血管造影像と唾液腺造影像の差が現れたとも考えられるが、言明のかぎりではない。

また、本研究で行った臨床応用例は、何れも我々が日常行う単純撮影と同条件で撮影されているが、サブトラクションを予定した場合の撮影条件が同じ条件でよいのか否か、今後本研究の実験を更に展開してみなければならない。

結 論

唾液腺疾患のX線診断において、唾影像と硬組

組織像の重複による読影上の難点を解消したいと考え、我々はphotographic subtractionの応用を試み、次の様な結論に達した。

1. 耳下腺・顎下腺を対象とした撮影（頭部P-A法・下顎斜位・回転断層）について、硬組織像消去の条件を知る為アルミ製階段を被写体とした基礎実験を行い、適正な露光処理条件を把握した。

また、頭部天然骨ファントムとウログラフィン入りカテーテルによる唾影像モデルを被写体としたサブトラクションを行い、上記の結果を確認した。

2. 臨床例にも数例応用し、硬組織像と重複する唾影像はオリジナルX線像より明瞭に読影する事が出来、サブトラクションが有用である事を知った。但し、臨床例での最適露光条件は基礎的実験とは些か数値を異にしていた。

3. サブトラクションの必要条件であるX線撮影の規格性は、SectographによるP-A法では極めて良好、下顎斜位撮影もプラスチック製カセットホルダーを用いる事により概ね良好であった。回転断層でも一応のサブトラクション像は得られたが、頸部の固定法とその位置に改良の余地がある。

何れの撮影法でも、硬組織の固定は可能であるが、舌骨及び周囲組織の不随意運動を如何に取扱うかが今後の問題である。

文 献

- 若林 勝, 大沢 忠, 菅原 正, 三橋英夫, 小柴隆蔵, 須田義雄, 北川 毅(1967) Subtractionの試み. 日本医放会誌, 27: 884.
- 高橋睦正, 石橋竜人, 武田晃一(1969) Subtractionの頭頸部動脈造影への応用. 臨床放射線, 14: 482-490.
- Chilcote, W. A., Modic, M. T., Pavlicek, W. A., Little, J. R., Furlan, A. J., Duchesneau, P. M. and Weinstein, M. A. (1981) Digital Subtraction Angiography of the Carotid Arteries. Radiology, 139: 287-295.
- 工藤弘明, 奥山和夫(1981) 血管造影用画像処理装置 Angioimager の開発とその各種臨床的応用. 映像情報, 13: 1027-1035.
- Modic, M. T., Weinstein, M. A., Chslcote, W. A., Pavlicek, W., Duchesneau, P. M., Furlan, A. J. and Little, J. R. (1982) Digital Subtraction Angiography of the Intracranial Vascular System: Comparative Study in 55 Patients. AJR, 138: 299-306.
- Modic, M. T., Weinstein, M. A., Pavlicek, W., Gallagher, J., Duchesneau, P. M., Buonocore, E. and Meaney, T. F. (1983) Intravenous Digital Subtraction Angiography: Peripheral Versus Central Injection of Contrast Material. Radiology, 147: 711-715.
- 藤井恭一, 山田浩己, 平石貴久, 原嶋治彦, 三上史雄, 吉岡真澄, 塚本 泰, 鳥山 稔(1983) 頭頸部のDSA. 日本臨床, 41: 1467-1476.
- 武内 豊, 永坂 信, 篠島正安, 中村進治(1981) Subtraction法による頭部X線規格写真の重ね合わせについて. 日矯歯誌, 40: 308-314.
- 岡野友宏(1982) 歯周疾患のX線診断におけるデジタルサブトラクション法の有用性. 歯科放射線, 22: 43.
- 岡野友宏, 中村 正, 米良豊常, 石川 烈, 木下四郎(1983) サブトラクション法による歯槽頂部の骨変化の検出. 歯科放射線, 23: 227.
- 加藤二久(1984) エネルギーサブトラクションを用いた骨ミネラル量の測定. 歯科放射線, 24: 410.
- 桜井 徹, 宇根岡実, 田中豊秋, 田中治邦, 中山祥和, 大庭 健(1985) 顎関節側斜位規格X線写真読影の為のサブトラクション法の応用. 歯科放射線, 25: 316-319.
- 金子昌幸, 高野英明, 大西 隆, 細川洋一郎, 菊地文利, 内海 治, 金田英生(1985) マウス唾液腺イメージのサブトラクション—— ^{123}I と $^{99\text{m}}\text{Tc}$ の2核種の利用——. 歯科放射線, 25(増): 146.
- 阿部 悟, 大森桂一, 滝波修一, 工藤元義, 高橋敬純, 呉明仁, 山崎岐男(1985) 頭頸部のDSAの経験. 歯科放射線, 25(増): 187.
- 山崎 正, 矢島幹人, 峯村俊一, 小谷 朗, 春日敏夫, 谷崎義生(1985) 顎口腔領域におけるdigital subtraction angiographyの有用性. 日口外誌, 31: 2505-2509.
- 桜井 徹, 宇根岡実, 陳昭栄, 楊榮展, 小林富貴子, 大庭 健(1985) 唾液腺造影診断におけるサブトラクション法の応用(1985)口科誌, 34: 987.